

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів усіх форм навчання
спеціальності 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка,
спеціалізації «Інформаційно-вимірювальні системи та технології екологічного
моніторингу»

*Рекомендовано вченою радою
приладобудівного факультету
(протокол № ____ від _____)*

Київ
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
2017

Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи [Текст] : метод. вказівки до викон. лаб. робіт для студентів усіх форм навчання спеціальності 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, спеціалізації «Інформаційно-вимірювальні системи та технології екологічного моніторингу» / Уклад. : В. А. Порєв, С. Х. Кушнір, О. С. Томашук. – К. : НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського", 2017. – 34 с.

Методичні вказівки призначено для студентів спеціальності 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, спеціалізації «Інформаційно-вимірювальні системи та технології екологічного моніторингу» усіх форм навчання. Методичні вказівки присвячені ознайомленню з основ з використання телевізійних інформаційно-вимірювальних систем.

Навчальне електронне мережне видання

ТЕЛЕВІЗІЙНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт

для студентів усіх форм навчання

спеціальності 152-Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка,
спеціалізації «Інформаційно-вимірювальні системи та технології екологічного
моніторингу»

Укладачі: *Порєв Володимир Андрійович, д-р техн. наук, проф.*
Кушнір Станіслав Харитонович, пров. інженер
Томашук Олександр Сергійович, аспірант

Відповідальний редактор: *Защепкіна Наталія Миколаївна, д-р техн. наук, проф.*

Рецензент: *Протасов Анатолій Георгійович, д-р пед. наук, доц.*

За редакцією укладачів

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИПРОМІНЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. СУБ'ЄКТИВНИЙ ПРОМЕТР	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. ОБ'ЄКТИВНИЙ ПРОМЕТР.....	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА РОБОТИ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МІКРОСКОПУ	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МІКРОСКОПУ В ТРИХИНОЛОСКОПІ	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ДІЛЯНКИ СВІТЛОСИГНАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАНЬ	26
Додаток А. Обробка результатів прямих рівноточних вимірювань	33

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

В 1–му семестрі з навчальної дисципліни «Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи» проводяться лабораторні заняття, підготовка до яких здійснюється за рахунок часу, відведеного на самостійну роботу студента.

Виконуючи лабораторні роботи, студенти поглиблюють теоретичні знання з дисципліни, набувають практичних навичок проведення наукових досліджень, постановки експерименту та обробки одержаних результатів.

Підготовка до лабораторної роботи полягає в досконалому вивченні її опису і закінчується оформленням звіту.

До проведення лабораторної роботи викладач проводить співбесіду зі студентом, який чітко проявляє знання мети роботи, основні теоретичні відомості, побудову та принцип дії приладу, порядок виконання роботи та має на руках оформлений згідно з ДСТУ 3008-95 звіт (крім експериментальних даних).

Перед виконанням лабораторних робіт кожен студент повинен пройти інструктаж з техніки безпеки!

Вмикання приладів здійснюється тільки з дозволу викладача. Після виконання роботи кожен студент повинен подати викладачу результати роботи та вимкнути устаткування. Звіт про роботу оформляється індивідуально кожним студентом. Звіт повинен містити назву роботи, короткі теоретичні відомості, схему устаткування, результати роботи у вигляді таблиць або графіків та висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИПРОМІНЮВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Мета роботи – оволодіння методикою визначення коефіцієнту випромінювальної здатності (КВЗ).

Теоретичні відомості

В загальному випадку будь-яке тіло може випромінювати, а також відбивати та поглинати падаюче на нього випромінювання. Співвідношення між компонентами випромінювання визначаються фізичними властивостями тіла та його станом. Якщо в заданому спектральному діапазоні тіло непрозоре, то для елементарної ділянки його поверхні співвідношення випромінювання в деякому напрямку та поглинання в зворотному напрямку в стані термодинамічної рівноваги встановлюється на основі закону Кірхгофа.

Закон Кірхгофа визначає, що при деякій температурі поверхні T відношення спектральної яскравості $L(\lambda, T)$ на довжині хвилі λ в деякому напрямку до коефіцієнта поглинання $\alpha(\lambda, T)$ в зворотному напрямку постійне для будь-якого тіла, що перебуває в стані термодинамічної рівноваги.

$$\frac{L(\lambda, T)}{\alpha(\lambda, T)} = \text{const} \quad (1)$$

Для АЧТ, що визначається як тіло, яке поглинає все випромінювання незалежно від кута падіння, спектрального складу та поляризації

$$\alpha_o(\lambda, T) = 1 \quad (2)$$

У відповідності до закону Кірхгофа

$$\frac{L(\lambda, T)}{\alpha(\lambda, T)} = \frac{L_o(\lambda, T)}{\alpha_o(\lambda, T)} = L_o(\lambda, T), \quad (3)$$

де L_o яскравість АЧТ.

Оскільки коефіцієнт випромінювальної здатності тіла $\varepsilon(\lambda, T)$ визначається як відношення яскравості його випромінювання до яскравості АЧТ, то з вищенаведеного співвідношення випливає, що для будь-якої точки поверхні тіла КВЗ дорівнює коефіцієнту поглинання в зворотному напрямку при однакових λ і T в стані термодинамічної рівноваги.

В задачах, пов'язаних з аналізом температурного поля, значні ускладнення виникають при встановленні точного значення КВЗ, який є складною функцією не тільки довжини хвилі, температури, стану поверхні, кута між нормаллю до поверхні та напрямком випромінювання, а також величини тілесного кута, в якому поширюється випромінювання. КВЗ залежить від ширини спектрального інтервалу, в якому проводиться аналіз випромінювання. Тому визначають монохроматичний та інтегральний КВЗ. Можливе визначення КВЗ для деякого діапазону довжин хвиль. В такому випадку цей КВЗ відрізняється від інтегрального. Інтегральний КВЗ часто називають коефіцієнтом чорноти і визначають як відношення світимостей реального тіла та АЧТ при однаковій температурі.

Для визначення значення КВЗ застосовують як розрахункові так і експериментальні методи. В експериментальних дослідженнях значення КВЗ іноді знаходять як відношення яскравостей реального тіла $L(\lambda, T)$ та АЧТ $L_0(\lambda, T)$

$$\varepsilon(\lambda, T) = \frac{L(\lambda, T)}{L_0(\lambda, T)} \quad (4)$$

Для виконання роботи використовуються вимірювач температури testo 830-T1 (далі T1) в інфрачервоному діапазоні (*виробник в описі приладу діапазон не вказав*). Як правило, безконтактні одноточкові вимірювачі температури (пірометри) сприймають деякий діапазон хвиль. Отже, при їх використанні для визначення КВЗ отримують значення для цього діапазону хвиль.

Зображення вимірювача температури T1 представлено на рис.1.

- 1) – кнопка „Δ” ввімкнення T1 для включення вимірювання температури та значення KBЗ.
- 2) – кнопка „∇” – для зменшення значення KBЗ та вимкнення T1.
- 3) – цифрове табло.
- 4) – вікно для надходження випромінювання об’єкта.
- 5) – вікно виходу лазерного випромінювання - вказівника центру ділянки об’єкта, з якої в T1 надходить випромінювання.
- 6) – курок для одноразового або неперервного вимірювання температури.

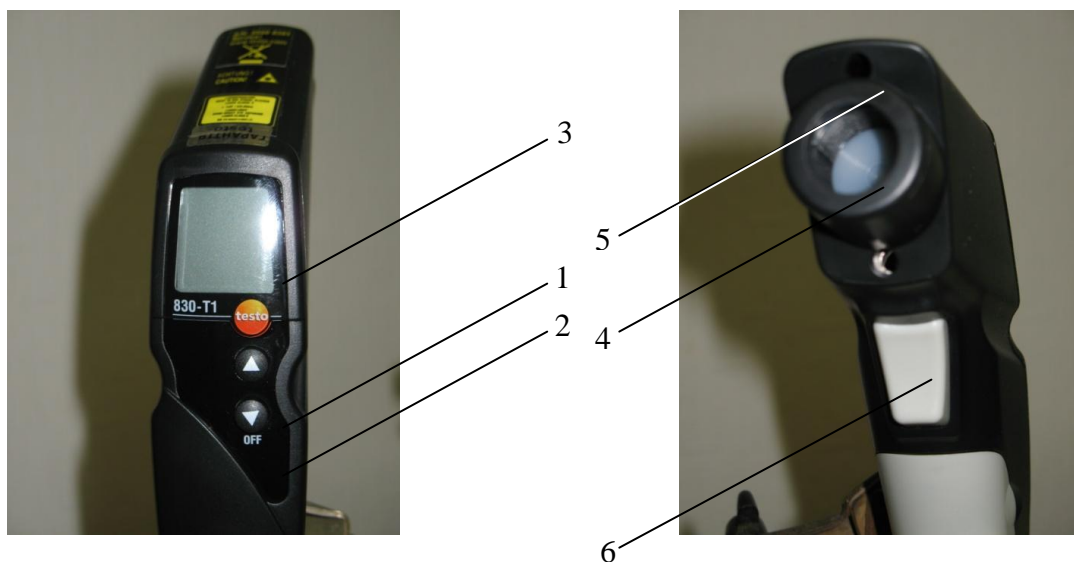


Рис. 1.1 – Вимірювач температури T1

При короткочасному натисканні на курок або кнопку „Δ” на табло висвічується значення температури вибраної ділянки. При постійному утриманні її температура вимірюється в неперервному режимі з періодичністю в 1,75 секунди.

Для вибору значення KBЗ потрібно натиснути одночасно кнопки „Δ” та „∇”, при цьому на табло висвічується буква „ε” та значення KBЗ в межах від 0,2 до 1,00 з точністю 0,01. Маніпулюючи кнопками „∇” та „Δ” встановлюють необхідне значення KBЗ. Через 3сек. після встановлення значення KBЗ прилад самостійно переходить в режим вимірювання температури.

Для вимкнення T1 потрібно натиснути кнопку „V” та утримувати її на протязі 4-х сек.

T1 вимикається самостійно при невикористанні його на протязі більше, як 1-а хв.

Умовний об’єкт може бути розділений на декілька ділянок, які мають різний KBЗ.

Завдання

1. Визначити коефіцієнт випромінювальної здатності ділянки поверхні, вказаної викладачем, при цьому вважати температуру об’єкту рівною $T=(135\pm 2)^{\circ}\text{C}$.
2. Скласти звіт про виконання лабораторної роботи.
3. Зробити висновки.

Порядок виконання роботи

Вімкнути живлення T1 та об’єкта.

Виміряти температуру вибраної ділянки для різних значень KBЗ.

Результати вимірювань занести в таблицю.

Звіт про лабораторну роботу

1. Короткі теоретичні відомості.
2. Таблиця результатів вимірювань.
 - a. Розрахунки результатів вимірювань температури зі значенням довірчих меж при різних ε .
 - b. Побудувати графіки залежності верхньої та нижньої межі значень температури в залежності від ε .
3. Провести на графіку межі заданої температури (133 та 137 °C)
4. З графіка знайти межі для ε ($\varepsilon_{\text{макс}}$ та $\varepsilon_{\text{мінім}}$),

вирахувати похибку $\Delta\varepsilon = \pm(\varepsilon_{\text{макс}} - \varepsilon_{\text{мінім}})/2$ та середнє значення $\varepsilon_c = (\varepsilon_{\text{макс}} + \varepsilon_{\text{мінім}})/2$.

5. Висновки.

Контрольні запитання

1. Формула закону Кірхгофа.
2. Що таке КВЗ і як він впливає на результат безконтактного вимірювання температури?
3. Яку температуру мають різні об'єкти, якщо вимірювач температури Т1 показав однакові температури?

Література

1. Порєв В. А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи. Монографія / В. А. Порєв. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 196 с.
2. Гордов А. Н. Основы пирометрии / А. Н. Гордов. – М. : Металлургия, 1971. – 448 с.
3. Свет Д. Я. Оптические методы измерения истинных температур / Д. Я. Свет. – М. : Наука, 1982.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. СУБ'ЄКТИВНИЙ ПІРОМЕТР

Мета роботи: вивчити будову, принцип роботи та особливості пірометра "Промінь-1".

Теоретичні відомості

Існуючі прилади та системи для дослідження температурних полів умовно можна розділити на дві групи. Прилади першої групи базуються на використанні суб'єктивної пірометрії, а другої – на використанні об'єктивних методів [1, 2].

Типовим представником суб'єктивних пірометрів є пірометр "Промінь-1" та його модифікації.

Оптична система приладу складається з об'єктива та окуляра, у фокальній площині якого розміщена лампа з тонкою ниткою розжарення (рисунок 2.1).

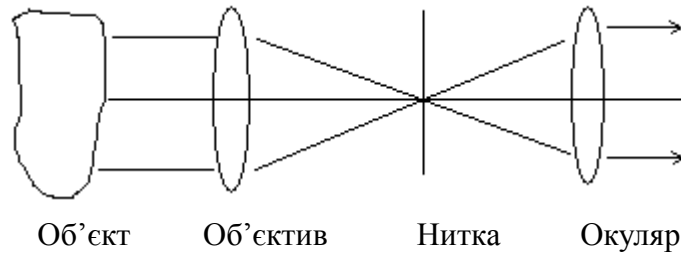


Рис. 2.1 – Оптична схема пірометра "Промінь-1"

Оператор спостерігає зображення нитки розжарення на фоні зображення об'єкту. Оператор має змогу змінювати струм через нитку, що призводить до зміни її яскравості. Методика контролю температури об'єкта полягає в тому, що оператор змінює яскравість нитки розжарення, порівнює її з яскравістю об'єкта та фіксує момент, коли, на його думку, вони зрівнюються.

Нехай L_O – яскравість об'єкта, а L_H – яскравість нитки. Тоді можливі три ситуації (рисунок 2.2):

1. $L_H < L_O$, оператор спостерігає темну нитку на яскравому фоні.
2. $L_H > L_O$, яскрава нитка на менш яскравому фоні.
3. $L_H = L_O$, зображення нитки зливається з фоном.

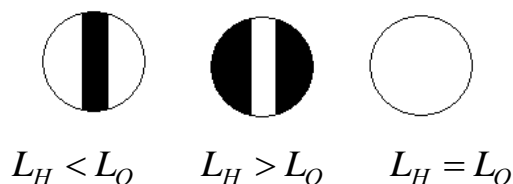


Рис. 2.2 – Вигляд поля зору при різних яскравостях нитки розжарення пірометра та об'єкта

Оператор фіксує цей момент, а вмонтований в пірометр обчислювальний пристрій виконує розрахунок градуйованої залежності температури T від сили струму I лампи розжарення пірометра ($T = T(I)$).

Робота приладу "Промінь-1" ґрунтується на співвідношенні

$$L_O(\lambda, T_O) \varepsilon_O(\lambda, T_O) = L_H(\lambda, T_H) \varepsilon_H(\lambda, T_H) \quad (2.1)$$

де $L_O(\lambda, T_O)$, $\varepsilon_O(\lambda, T_O)$ – яскравість і коефіцієнт випромінювальної здатності поверхні об'єкта при температурі T_O ,

$L_H(\lambda, T_H)$, $\varepsilon_H(\lambda, T_H)$ – яскравість і коефіцієнт випромінювальної здатності поверхні об'єкта при температурі T_H .

В межах наближення Віна співвідношення (2.1) можна записати так

$$\exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T_O}\right) \varepsilon_O(\lambda, T_O) = \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T_H}\right) \varepsilon_H(\lambda, T_H) \quad (2.2)$$

Прологарифмувавши вираз (2.2) та вирішивши відносно T_O отримаємо

$$T_O = \frac{T_H}{1 + T_H \frac{\lambda}{C_2} \ln \frac{\varepsilon_O(\lambda, T_O)}{\varepsilon_H(\lambda, T_H)}} \quad (2.3)$$

Далі виходимо з того, що T_H і $\varepsilon_H(\lambda, T_H)$ відомі. Тоді температуру об'єкта T_O можна знайти, підставивши в (2.3) значення $\varepsilon_O(\lambda, T_O)$.

Робота з приладом описана в інструкції по експлуатації.

Пірометр "Промінь-1" широко застосовується при вимірюванні температури в металургійному виробництві, виробництві скла, порцелянових ізоляторів тощо.

Завдання на лабораторну роботу

Ознайомитись з інструкцією по експлуатації пірометра "Промінь-1".
Виміряти температуру лампи розжарення.

В роботі використовуються пірометр "Промінь-1" та лампа розжарення.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з інструкцією по експлуатації пірометра "Промінь-1".
2. Привести в робочий стан пірометр згідно з описом приладу.
3. Виміряти температуру лампи розжарення. Результати вимірювань заносити в таблицю 1.3.

Вибір кількості вимірювань та обробка результатів проводити згідно з додатком А.

Табл. 2.1 – Таблиця результатів вимірювань

№ п/п	T_i, K	$(T_{cp} - T_i)^2$
1		
2		

n		
Σ		
Середнє		

Звіт про лабораторну роботу

1. Опис роботи пірометра.
2. Таблиця результатів, середні значення температур, похибки вимірювань.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке суб'єктивний пірометр?
2. На якій формулі базується робота суб'єктивного пірометра?

3. Які основні характеристики пірометра "Промінь-1"?
4. Наведіть оптичну схему суб'єктивного пірометра.
5. Яка принципова різниця поміж суб'єктивним та об'єктивним пірометрами?

Література

1. Гордов А. Н. Основы пирометрии / А. Н. Гордов. – М. : Металлургия, 1971. – 448 с.
2. Свет Д. Я. Оптические методы измерения истинных температур / Д. Я. Свет. – М. : Наука, 1982.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. ОБ'ЄКТИВНИЙ ПІРОМЕТР

Мета роботи: вивчити будову, принцип роботи об'єктивних пірометрів та особливості пірометра «Смотрич-4П».

Теоретичні відомості

Існуючі прилади та системи для дослідження температурних полів умовно можна розділити на дві групи. Прилади першої групи базуються на використанні суб'єктивної пірометрії, а другої на використанні об'єктивних методів [1, 2].

Типовим представником приладів другої групи є пірометр «Смотрич-4П» та його модифікації. Оптична система пірометра зображена на рис. 3.1.

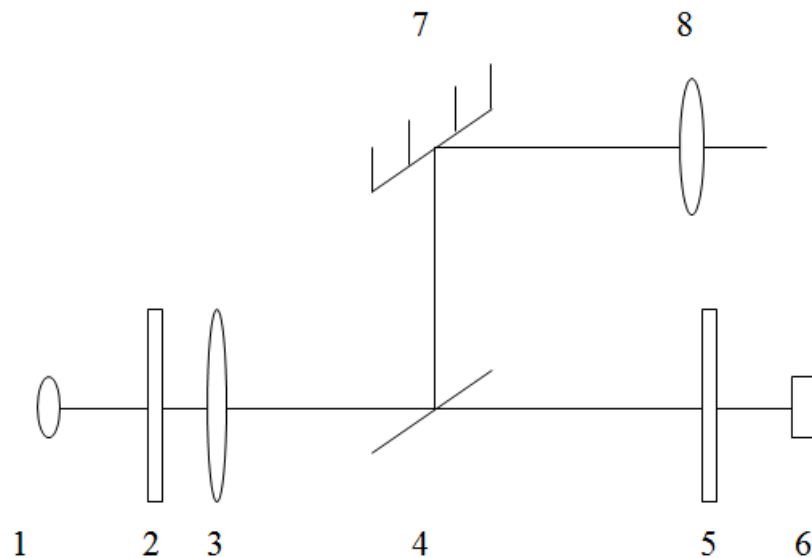


Рис. 3.1 Оптична система пірометра «Смотрич-4П»

Випромінення від об'єкту 1 проходить через світлофільтр 2, об'єктив 3 та ділиться напівпрозорим дзеркалом 4 на дві частини. Частина випромінення, що проходить через напівпрозоре дзеркало та через світлофільтр 5 попадає на приймач 6, друга відбивається від напівпрозорого 4 та непрозорого 7 дзеркал, проходить через окуляр 8 і попадає в око оператора, який наводить пірометр на об'єкт.

Робота пірометра «Смотрич-4П» базується на законі Планка, який встановлює залежність спектральної щільності яскравості $L_A(\lambda, T)$ абсолютно чорного тіла (АЧТ) від температури T .

$$L_A(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5} \left[\exp \frac{C_2}{\lambda T} - 1 \right]^{-1}, \quad (3.1)$$

де C_1, C_2 постійні величини.

Вираз (3.1) для реального тіла з спектральним коефіцієнтом випромінювальної здатності $\varepsilon(\lambda, T)$ в наближенні Віна переписється так

$$L_0(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T) \frac{C_1}{\lambda^5} \exp \left(\frac{C_2}{\lambda T} \right). \quad (3.2)$$

Освітленість $E(\lambda, T)$ приймача 5 визначається формулою

$$E(\lambda, T) = Q_1 L(\lambda, T), \quad (3.3)$$

де Q_1 – константа, що залежить від умов експерименту.

Пірометричний сигнал

$$A(T) = Q_2 L(\lambda_e, T), \quad (3.4)$$

де $L(\lambda_e, T)$ – еквівалентна енергетична яскравість на довжині хвилі λ_e , а константа Q_2 залежить від умов експерименту.

Підставивши (3.2) в (3.4) отримаємо

$$A(T) = Q_2 \varepsilon(\lambda_e, T) \frac{C_1}{\lambda_e^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda_e T}\right). \quad (2.5)$$

Позначимо $B = Q_2 \frac{C_1}{\lambda_e^5}$, тоді прологарифмувавши вираз (3.5) отримаємо

$$T = \frac{C_2}{\lambda_e} (\ln B - \ln A(T) + \ln \varepsilon(\lambda_e, T))^{-1}, \quad (3.6)$$

де λ_e та B визначаються при градуванні приладу «Смотрич-4П».

В пірометрі «Смотрич-4П» величина сигналу перераховується в значення температури та виводиться на цифрове табло. При цьому перед виміром температури обов'язково треба вводити значення випромінювальної здатності об'єкту ε . Для цього в конструкції пірометра передбачено можливість задавати її.

Робота з приладом описана в інструкції по експлуатації.

Модель АЧТ являє собою поле тіло з невеликим отвором, через яке це тіло обмінюється енергією.

АЧТ називається умовний об'єкт, що випромінює і поглинає весь спектр довжин хвиль.

Завдання на лабораторну роботу

В роботі використовується пірометр «Смотрич-4П» та умовний об'єкт. Ознайомитись з інструкцією по експлуатації пірометра «Смотрич-4П». Виміряти температуру моделі АЧТ.

Проведення лабораторної роботи

1. Ввімкнути в мережу умовний об'єкт.
2. Згідно з інструкцією по експлуатації привести в робочий стан пірометр «Смотрич-4П».
3. Виміряти температуру T моделі АЧТ. При вимірюванні задавати $\varepsilon = 0,97$. Результати вимірювань заносити в таблицю, наведену нижче.

Вибір кількості вимірювань та обробка результатів проводити згідно з додатком А.

Таблиця 3.1

Таблиця результатів

№ п/п	T_i	$(T_c - T_i)^2$
1		
...		
n		
	$\sum T_i/n = T_c$	$\sum (T_c - T_i)^2 =$

Звіт про лабораторну роботу

1. Опис роботи пірометра.
2. Таблиця результатів, середні значення, похибки вимірювань.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке «об'єктивний пірометр»?

2. На якій формулі базується робота об'єктивного пірометра?
Наведіть її.
3. Наведіть схему проходження світла через оптичний пірометр.
4. Основні характеристики пірометра «Смотрич-4П».
5. Для чого потрібно вводити в пірометр значення випромінювальної здатності об'єкту?
6. Що являє собою модель АЧТ?

Література

1. Гордов А. Н. Основы пирометрии. – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
2. Свет Д. Я. Оптические методы измерения истинных температур. – М.: Наука, 1982.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА РОБОТИ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МІКРОСКОПУ

Мета роботи: ознайомитись з будовою, принципом роботи та можливостями телевізійного мікроскопу (ТМ). Виміряти за допомогою ТМ розміри мікрооб'єкту.

Теоретичні відомості

Протягом багатьох років світлова мікроскопія є основним інструментом для досліджень в фізиці, матеріалознавстві, біології, ботаніці, медицині тощо. Застосування телевізійної техніки значно розширило можливості мікроскопії. З'явилась можливість досліджувати мікрооб'єкти значно менші по розміру від традиційних в світловій мікроскопії та на відміну від електронної мікроскопії з живими препаратами. Телевізійна схемотехніка в мікроскопії суттєво спростила проблему обробки зображень (вимірювання лінійних розмірів, площ тощо). Телевізійна апаратура в поєднанні з сучасними засобами обчислювальної техніки значно полегшує обробку великої кількості різноманітних вимірювань мікрооб'єктів. ТМ - це не просте механічне поєднання світлового мікроскопа,

телевізійної камери та засобів обчислювальної техніки, а єдиний прилад, в якому параметри кожного із компонентів взаємно узгоджені та оптимізовані в цілому по відношенню до конкретної задачі.

Будова та робота ТМ

На рисунку 4.1 наведена будова найпростішого ТМ.

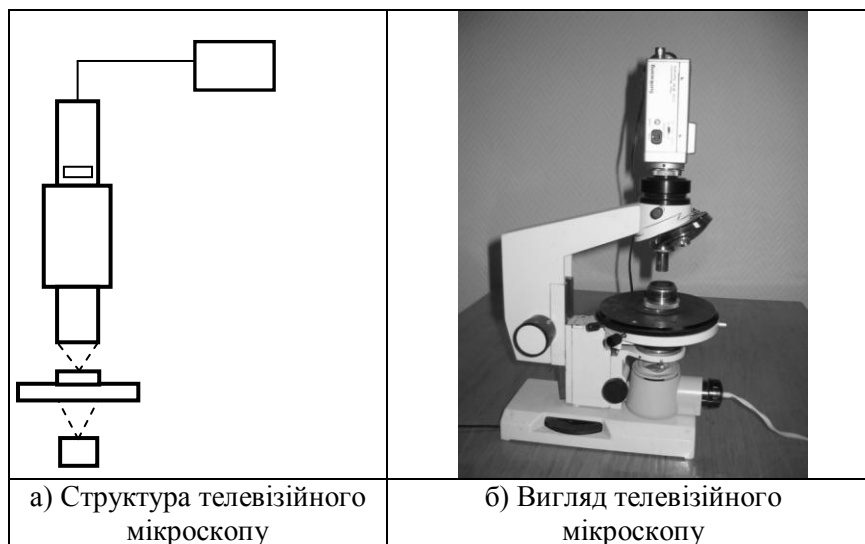


Рис. 4. 1 – освітлювальна система; 2 – столик з дослідним препаратом;
3 – мікрооб’єктив; 4 - тубус; 5 – телевідеокамера;

Освітлювальна система забезпечує рівномірне і достатнє освітлення об’єкту. Об’єкт дослідження розміщується на предметному столику, який забезпечує можливість переміщення препарату в двох взаємно перпендикулярних напрямках нормальних до оптичної осі мікрооб’єктива. Мікрооб’єктив утворює збільшене зображення на ПЗЗ-матриці камери. Тубус фіксує площину зображень на певній відстані від мікрооб’єктиву. Камера виробляє повний відеосигнал, який передається на монітор. Монітор відтворює збільшене зображення мікрооб’єкту на екрані.

Головними характеристиками ТМ є ефективне лінійне збільшення та роздільна здатність в площині мікрооб’єкту. Збільшення ТМ визначається

відношенням розміру зображення предмету на екрані монітора L_M (мм) до розміру самого предмету L_{II} (мм)

$$\Gamma_{TM} = \frac{L_M}{L_{II}} \quad (4.1)$$

Збільшення (Γ_{TM}) є добутком збільшення світлового мікроскопу (Γ_{CM}) та електронного збільшення (масштабування) Γ_M

$$\Gamma_{TM} = \Gamma_{CM} \times \Gamma_M \quad (4.2)$$

Масштабування – це відношення діагоналі екрану (D_E) монітора до діагоналі ПЗЗ-матриці (D_M)

$$\Gamma_M = \frac{D_E}{D_M} \quad (4.3)$$

Γ_{CM} обумовлюється фокусною відстанню та відстанню від мікрооб'єктива до площини зображень.

Роздільна здатність ТМ визначається як максимальна просторова частота періодичного тест-об'єкту, складеного з чорно-білих штрихів (міри Фуко), в зображенні якого на екрані монітора ще розрізняються штрихи при заданому контрасті. Міра складається з 25 полів. На рисунку показане зображення міри з нумерацією полів. Кожне поле складається з 4-х груп штрихів.

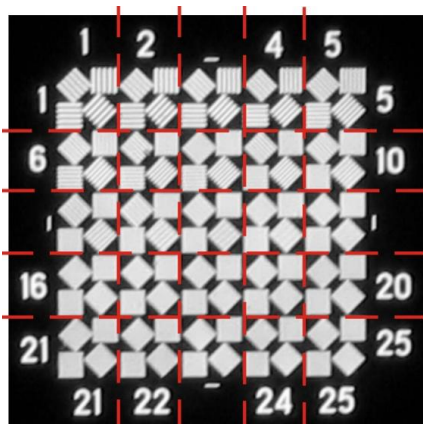


Рис. 4.2 – Зображення міри

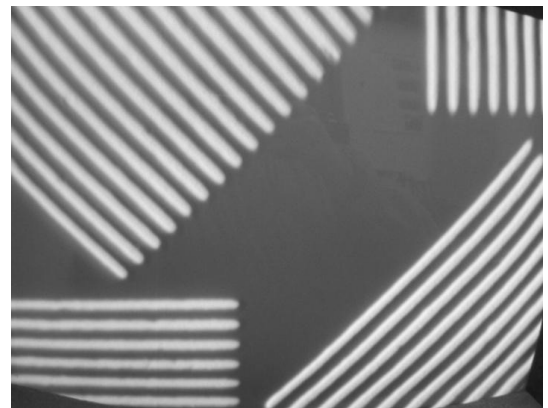


Рис. 4.3 – Зображення штрихів міри

Завдання на лабораторну роботу

1. Визначити збільшення ТМ. Для цього виміряти розмір вибраного штриха міри №4 (ГОСТ 15114-78) на екрані монітора (L_M) в мм та обрахувати розмір вибраного штриха.

2. Виміряти лінійні розміри мікрооб'єкту.

Для виконання роботи використовуються ТМ, міра №4, електронний штангенциркуль.

Порядок виконання роботи

1. Ввімкнути живлення ТМ та монітора (тільки з дозволу викладача).

2. Встановити міру на предметний столик мікроскопа.

3. Отримати чітке зображення міри на екрані монітора, користуючись ручками налаштування різкості мікроскопа.

4. Вибрати поле штрихів міри №4 та його номер $n=1$.

5. Виміряти розмір L_M зображення штриха міри на екрані монітора штангенциркулем. Ширина темних та світлих штрихів однакова. Скласти таблицю вимірювань (таблиця 4.1).

6. Розрахувати розмір вибраного штриха міри №4 для $n=1$ за формулою

$$L_n = \frac{0,08}{(\sqrt[12]{2})^{n-1}} = 0,08 \text{ [мм]} \quad (4.4)$$

7. Розрахувати Γ_{TM} за формулою (4.3).

8. Встановити мікрооб'єкт на предметний столик, отримати його чітке зображення та виміряти лінійні розміри на екрані монітора L_{OM} в мм. Вирахувати дійсні лінійні розміри об'єкту L_O за формулою $L_O = L_{OM} / \Gamma_{TM}$.

Кількість вимірів та обробка результатів проводити згідно з додатком А.

Результати вимірювань заносити в таблицю 4.1.

Табл. 4.1 – Результати вимірювань

№ п/п	L_{Mi}	$(L_{MC} - L_{Mi})^2$	L_{OMi}	$(L_{OMC} - L_{OMi})^2$
1				
2				
		
n				
Σ				
Середнє				

Звіт про лабораторну роботу

1. Будова та робота телевізійного мікроскопа.
2. Таблиця результатів вимірювань та обчислення похибок.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке телевізійний мікроскоп?
2. Принцип дії телевізійного мікроскопа?
3. Головні характеристики телевізійного мікроскопа?
4. Навести приклади застосування телевізійного мікроскопа.
5. Для чого використовується міра?

Література

1. Папаян Г. В. Приборы для аналитической микроскопии / Папаян Г. В., Агроскин Л. С., Барский И. Я. // Оптический журнал. – 1993. – №12. – С. 16-25.
2. Порєв В. А. Телевізійна мікроскопія / Порєв В. А., Якименко Ю. І., Петренко С. Ф. // Оптико-електронні та інформаційно-енергетичні технології. – 2004(8). – С. 52-57.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МІКРОСКОПУ В ТРИХИНОЛОСКОПІЇ

Мета роботи: отримати практичний досвід роботи з телевізійним мікроскопом (ТМ) при виявленні збудника трихінельозу.

Теоретичні відомості

Трихінельоз – смертельне захворювання тварин та людини спричинене личинками та дорослими нематодами з роду *Trichinella*. Захворювання, крім людини, вражає таких тварин: дикі та свійські свині, ведмеді, борсуки, нутрії, собаки, кішки, щурі, миші, білуги, моржі та тюлені. Це захворювання проявляється в відмиранні м'язів, що призводить до паралічу. Найчастіше уражаються м'язи діафрагми, язика, стравоходу а також жувальні м'язи. Зараження відбувається через вживання м'яса, що містять личинки трихінели. Після розмноження в травному тракті личинки трихінели попадають з током крові та плазми в м'язи. Обеззараженню вражене трихінельозом м'ясо не піддається – трихінела переносить допустиму для продукту термічну обробку.

Ліків від трихінельозу зараз не існує. Поширенню трихінельозу сприяє низька санітарія ведення тваринництва, що призводить до появи епідемій. Єдиним і досить надійним способом запобігання захворюванню людини на трихінельоз це проведення ветеринарно-санітарної експертизи.

Тому виникла необхідність мати простий та надійний прилад для виявлення збудника трихінельозу. Найпростіший метод виявлення збудника трихінельозу – це дослідження зрізів м'яса за допомогою світлового мікроскопа (СМ). Такі дослідження трудомісткі та викликають професійні захворювання лаборантів за два роки роботи.

ПВ даному випадку переваги ТМ перед СМ полягають в тому, що спостереження проводиться на екрані монітора, що знижує ризик

профзахворювань очей та підвищується ефективність виявлення трихіNELI за рахунок того, що зображення проби можуть спостерігати декілька лаборантів.

Будова та робота ТМ для трихіNELоскопії

На рисунках представлено фотографію трихіNELоскопа.

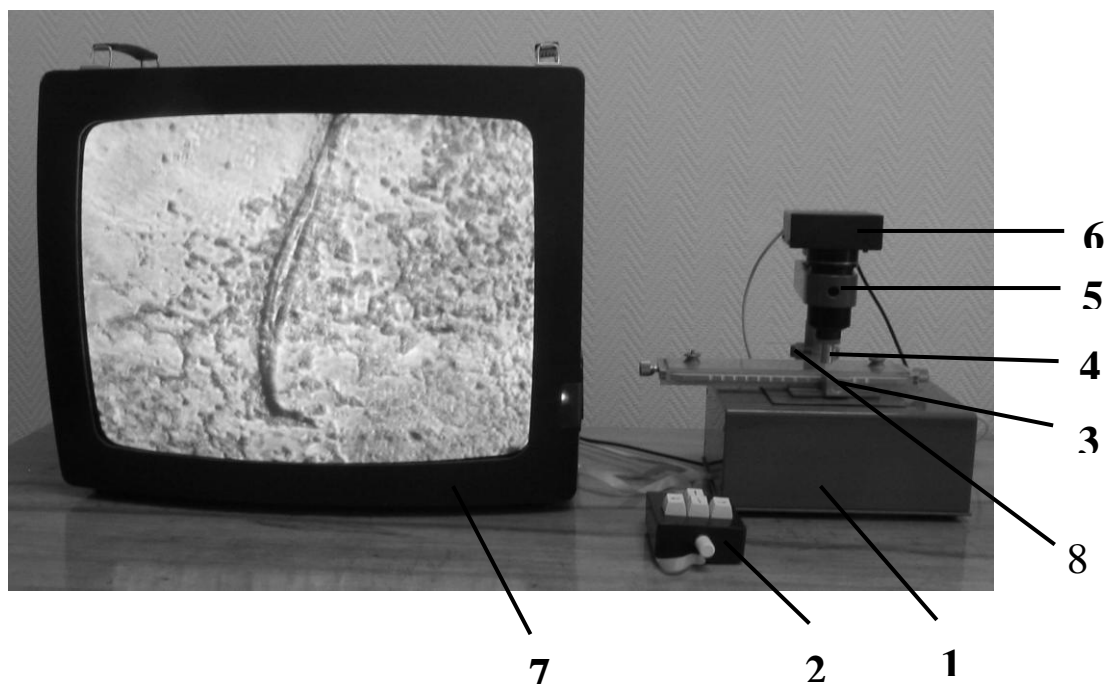


Рис. 5.1 – Фотографія трихіNELоскопа

1 – освітлювальна система, блок переміщення компресорію та блок живлення відеокамери; 2 – пульт управління рухом столика з компресорієм; 3 – столик з компресорієм; 4 – мікрооб'єктив;
5 – тубус; 6 – камера з ПЗЗ-матрицею; 7 – монітор; 8 - ручка налаштування різкості



Рис. 5.2 – Компресорій

Примітка. Компресорій – це дві пластинки прозорого скла, між якими затиснуті проби м'яса. Поле компресорію розділено на пронумеровані комірки, в яких розміщуються зразки м'яса.

Освітлювальна система 1 забезпечує рівномірне та достатнє освітлення об'єкту досліджень. За допомогою блока переміщень 1 змінюється положення проби в перпендикулярній до оптичної осі мікрооб'єктива 4 площині. Блок управління 2 слугує для керування блоком переміщень 1. Мікрооб'єктив 4 утворює зображення фрагменту на ПЗЗ-матриці відеокамери 6. Тубус 5 фіксує площину предметів на певній відстані від мікрооб'єктива 4 та обмежує доступ стороннього світла на ПЗЗ-матрицю 6. Камера 6 виробляє повний відеосигнал, а на екрані монітора 7 відтворюється зображення фрагменту зразка.

Завдання на лабораторну роботу

Дослідити проби м'яса на присутність трихінели. Обрахувати збільшення ТМ та виміряти лінійні розміри трихінели.

В роботі використовуються ТМ, компресорій з пробамі м'яса, міра №4 (ГОСТ 15114-78), штангенциркуль.

Порядок виконання роботи

1. Ввімкнути живленням ТМ та монітора. Встановити компресорій з пробамі м'яса на столик ТМ. Ручкою налаштування різкості отримати чітке зображення проби.

2. За допомогою блока управління рухом столика переміщувати пробу і знайти трихінелу. Якщо в вибраному полі компресорію не вдається знайти трихінелу, то вибирають інше поле компресорію.

3. Виміряти лінійні розміри зображення трихінели L_{TE} в мм на екрані монітора штангенциркулем.

4. Обрахувати збільшення ТМ. Для цього встановити замість компресорію міру №3, отримати чітке зображення першого поля міри. Виміряти на екрані монітора штангенциркулем розмір штриха $L_{ШЕ}$ в мм. Обчислити збільшення мікроскопа $\Gamma_{ТМ}$ за формулою

$$\Gamma_{ТМ} = L_{ШЕ} / 0,04 \quad (5.1)$$

5. Використовуючи значення $\Gamma_{ТМ}$ вирахувати дійсні лінійні розміри трихінели L_T за формулою

$$L_T = L_{ТЕ} / \Gamma_{ТМ} \quad (5.2)$$

Результати вимірювань занести в таблицю 5.1. Вибір кількості вимірювань та обробка результатів проводити згідно з додатком А.

Табл. 5.1 – Результати вимірювань

№ п/п	$L_{ТЕi}$	$(L_{ТЕС} - L_{ТЕi})^2$	$L_{ШЕi}$	$(L_{ШЕС} - L_{ШЕi})^2$
1				
2				
		
n				
Σ				
Середнє				

Звіт про лабораторну роботу

1. Теоретичні відомості про трихінельоз.
2. Телевізійний мікроскоп в трихінелоскопії.
3. Таблиця результатів вимірювань та розрахунки похибок.
4. Висновки.

Контрольні запитання

1. Що таке трихінельоз?

2. Як розповсюджується трихінельоз.
3. Методи боротьби з трихінельозом?
4. Будова та робота ТМ для трихінелоскопії.
5. Чим відрізняється ТМ для трихінелоскопії від звичайного ТМ?

Література

1. Хоменко В. І. та інші “Практикум з ветеринарно-санітарної експертизи...”. – Київ : ВЕТІНФОРМ, 1998. – с. 57-62.
2. Папаян Г. В. Приборы для аналитической микроскопии / Папаян Г. В., Агроскин Л. С., Барский И. Я. // Оптический журнал. – 1993. – №12. – с. 16-25.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ДІЛЯНКИ СВІТЛОСИГНАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАНЬ

Мета роботи: Ознайомитися з будовою, принципом роботи, можливостями телевізійного засобу вимірювань (ТЗВ) та навчитися проводити вимірювання з його допомогою.

Теоретичні відомості

Протягом останніх років отримання більш ніж 75% інформації в науці та техніці проводиться за допомогою ТЗВ. На основі аналізу, випромінення надходить від об'єкту і несе інформацію про його стан, отримується інформація про геометричні, енергетичні та динамічні властивості.

Поєднання телевізійної апаратури, що входить в ТЗВ з сучасною обчислювальною технікою значно полегшує обробку та збереження великої кількості вимірювальної інформації.

ТЗВ називається прилад, в якому випромінення об'єкту формується і перетворюється зображення, яке в свою чергу перетворюється у відеосигнал, що переходить у комп'ютер і за допомогою програмного забезпечення перетворюється в зображення об'єкту. Аналіз параметрів зображення визначає властивості досліджуваного об'єкта (геометрія, енергетичний сигнал, динаміка).

Отже, на рис. 6 наведено структурну схему ТЗВ

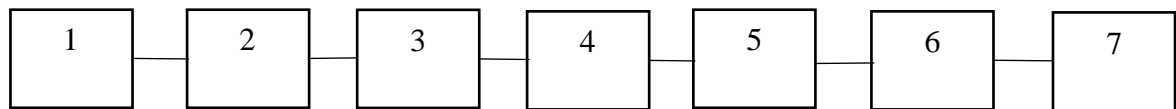


Рис. 6 – Структурна схема ТЗВ

- 1 – об'єкт дослідження
- 2 – випромінення об'єкту
- 3 – формувач випромінення
- 4 – об'єктив
- 5 – телевізійна камера
- 6 – комп'ютер
- 7 – монітор

Випромінювання 2 від об'єкту 1 надходить до формувача 3, який виділяє інформаційну частину цього випромінення. Об'єктив 4 створює зображення, а телевізійна камера 5 утворює телевізійний сигнал. Телевізійний сигнал надходить в комп'ютер 6, який за допомогою програмного забезпечення 7 утворює зображення об'єкту 1.

Якщо на утворене зображення за допомогою програмного забезпечення установити точку, то у відповідному вікні висвітяться значення сигналу, пропорційне значенню випроміненню ділянки об'єкту.

Значення сигналу залежить від чутливості телевізійної камери на даній довжині хвилі, яка визначається спектральною характеристикою і якщо об'єктом дослідження являється нагріте тіло, то і температури тіла.

Вираз для сигналу записується так:

$$B(\lambda, T) = K \int_{\lambda_{\text{нм}}}^{\lambda_{\text{нб}}} L(\lambda, T) \varepsilon(\lambda, T) S(\lambda) d\lambda \quad (6.1)$$

де $B(\lambda, T)$ – сигнал на виході ТЗВ

K – коефіцієнт пропорційності

$L(\lambda, T)$ – яскравість розжареного тіла

$\varepsilon(\lambda, T)$ – коефіцієнт випромінювальної здатності

$S(\lambda)$ – спектральна характеристика ТЗВ

$\lambda_{\text{нм}}$ та $\lambda_{\text{нб}}$ – найменші та найбільші довжини хвиль відповідно, за межами яких ТЗВ не чутливий ($S(\lambda) = 0$, (при $\lambda \leq \lambda_{\text{нм}}$ та $\lambda \geq \lambda_{\text{нб}}$).

Сигнальна характеристика $C(x)$ – це залежність значень вихідного сигналу ТЗВ на довжині хвилі від яскравості об'єкту на цій же довжині хвилі.

Якщо використовувати лінійний спектр об'єкту з виділенням однієї довжини хвилі λ_i , то вираз (6.1) набуде такого вигляду.

$$A(\lambda_i) = K S(\lambda_i) \int_0^\infty L(\lambda_i) \quad (6.2)$$

або,

$$A(\lambda_i) = \alpha L(\lambda_i)$$

В якості об'єкта випромінювання у лабораторній роботі використана неонові лампа з лінійним спектром.

За допомогою фільтра ФІ-08 виділяється випромінювання з довжиною хвилі $\lambda_i = 0,638$ мкм.

Яскравість $L(\lambda_i)$ пропонується змінювати за допомогою відносного спектра об'єктив та світлофільтра НС-6.

Використовується матове скло та світлофільтри, і так як виділена одна довжина хвилі, то світлофільтри не змінюють спектр, а лише спектри змінюють яскравість $L(\lambda_i)$.

Відомо, що ССХ має лінійну та нелінійну ділянки.

Наявність лінійної ділянки ССХ, дає змогу визначити її наступним способом.

Як було сказано вище зміну яскравості можна змінювати за допомогою НС-6. Для цього потрібно знати коефіцієнт пропускання $\tau_{НСВ}$ на обраній довжині хвилі.

Для цього встановлюємо сигнал А у лінійній ділянці СХ і вимірюємо сигнал, встановивши його на шляху випромінення, що надходить до ТЗВ.

Далі, змінюючи відносний отвір, знову вимірюємо $\tau_{НСВ}$. І так ряд значень $A_{\delta i}$ без НС-6 та A_{zi} та з НС-6. $i = z \dots n$.

Далі записуємо у таблицю значення $\frac{A_z}{A_6}$;

Табл. 1.

<i>i</i>	1	2	3	...	n-1	n
A_{zi}						
A_{6i}						

З таблиці 1 вибираємо значення відношення $\frac{A_z}{A_6}$ близькі з відносною похибкою не більше 0,5%. Знаходимо середнє значення обраних відношень. Це середнє значення і є коефіцієнтом пропускання $\tau_{НСВ}$.

Далі знаходимо тангенс кута нахилу α лінійної ділянки ССХ. Для цього ділимо різницю $A_{z,i} - A_{z,i+1}$ на знайдене $\tau_{НСВ}$.

Складаємо таблицю значень тангенсів і знаходимо його середнє значення.

Для побудови ССХ потрібно визначити значення ординати на осі x кожного значення $A_{z,i}$. Для цього всі значення $A_{z,i}$ ділимо на середнє значення $tg\alpha$. Складаємо таблицю 2, враховуючи, що для $A_{z,i}$ ордината рівна 1.

Табл. 2

$A_{z,1}$	$A_{z,2}$	$A_{z,3}$	...	$A_{z,i}$	...	$A_{z,n-1}$	$A_{z,n}$
1	$\frac{A_{z,2}}{tg\alpha} = \tau$	$\frac{A_{z,3}}{tg\alpha} = \tau^2$	...	$\frac{A_{z,i}}{tg\alpha} = \tau^i$	...	$\frac{A_{z,n-1}}{tg\alpha} = \tau^{n-1}$	$\frac{A_{z,n}}{tg\alpha} = \tau^n$

По таблиці будуюмо графік залежності сигналу від зміни енергетичного потоку, що надходить до ТЗВ в умовних одиницях. Це і є шукане ССХ.

Завдання на лабораторну роботу

В роботі застосовується відеокамера, об'єктив МНР-1, комп'ютер, тримач світлофільтрів, матове скло, неонові лампи, обмежувач розсіяного світла, світлофільтри: ФН-08, НС-6, ЖС-12, КС-13.

Виміряти ряд сигналів без НС-6, $A_{\delta i}$ та з ним $A_{z,i}$, змінюючи A_{δ} .

Провести розрахунки, які необхідні для побудови ССХ.

Побудувати графік ССХ.

Порядок виконання роботи

1. Ввімкнути комп'ютер та неонову лампу. Запустити програму OWLEYE. Натиснути F_4 , а потім F_2 , вибрати джерело, що пропонується програмою.

2. Встановити галочку у вікні активації джерела. Встановити точку на зображенні з номером 176 x 144. Встановити матове скло.

3. Спостерігати за значенням сигналу у вивідному вікні та за допомогою КС-13 та ЖС-12 вибрати значення сигналу на рівні 80 у.о. Далі вимірювати 12 разів сигнал A_6 та встановити НС-6 з ним A_3 .

4. Скласти таблицю значень A_{6i} та A_{3i} , відкладаючи найбільше та найменше з 12 вимірювань.

5. Заповнити таблицю (табл. 3) A_{6i} та A_{3i} від порядку вимірювань.

6.

Табл. 3.

i	1	2	3	...	i	...	n-1	n
A_6								
A_3								

Використовуючи табл. 3 визначити необхідні обчислення для побудови ССХ та побудувати її.

Звіт лабораторної роботи

1. В звіті повинні бути короткі теоретичні відомості.
2. Навести розрахунки з поясненням дії.
3. Зробити висновки.

Контрольні запитання

1. Структурна схема ТЗВ.
2. Пояснити принцип роботи ТЗВ.
3. Що таке ССХ ТЗВ?
4. Що таке спектральний сигнал?

Література

1. Порєв В. А. Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи / В. А. Порєв. – Київ, 2015. – 496 с.

2. Повышение точности измерения линейного участка светосигнальной характеристики телевизионного средства измерения / С. Х. Кушнир, А. В. Федоренко, Т. А. Рудык, О. В. Сулима // Materials of the XI International scientific and practical conference, “Trends of modern science”, Science and education ltd., – Vol. 24. – 2015. – P. 26-28.

Додаток А. Обробка результатів прямих рівноточних вимірювань

В математичній статистиці приймається, що для рівноточних вимірювань оцінкою математичного очікування величини X , яка вимірюється, є середнє арифметичне значення виборки X_1, X_2, \dots, X_n , яке і приймається за результат вимірювання

$$X_c = \frac{1}{n} \sum_i X_i \quad (\text{A.1})$$

Точність отриманого значення оцінюється середнім квадратичним відхиленням результату вимірювання, яке визначається наступною формулою

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - X_c)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{A.2})$$

Мінімально необхідне число вимірювань визначається за формулою

$$n_{\min} = \frac{2}{1-P} \quad (\text{A.3})$$

де P – значення довірчої ймовірності.

Визначення довірчих меж ΔX випадкової складової результату вимірювання провадиться для вибраної довірчої ймовірності P (як правило, $P=0,95$) після обчислення середнього квадратичного відхилення та перевірки гіпотези про нормальність виборки

$$\Delta X = \pm 2\sigma \quad (\text{A.4})$$

Якщо число вимірювань менше 30, то довірчі межі визначають за формулою

$$\Delta X = \pm \sigma K_c \quad (\text{A.5})$$

де K_c – коефіцієнт Ст'юдента (Госсета).

Табл. А.1 – Значення коефіцієнтів Ст'юдента [1]

$n-1$	1	2	3	4	5	6	7	8
$P=0,95$	12,7	4,30	3,18	2,77	2,57	2,45	2,36	2,30
$P=0,99$	63,65	9,92	5,84	4,60	4,03	3,70	3,59	3,35
$P=0,95$	2,26	2,20	2,20	2,20	2,20	2,10	2,10	2,10
$P=0,99$	3,25	3,20	3,10	3,10	3,00	3,00	2,90	2,90

Перед проведенням вимірювань вибирається число вимірювань за формулою (А.3), приймаючи значення довірчої імовірності рівній 0,95. Або обирається довільне інше число вимірювань n . Проводиться обрана кількість вимірювань та складається таблиця вимірювань (таблиця А.2).

Табл. А.2 – Результати вимірювань

№ п/п	X_i	$(X_c - X_i)^2$
1	X_1	$(X_c - X_1)^2$
...
n	X_n	$(X_c - X_n)^2$
Середнє	X_c	$\sum(X_c - X_i)^2$

X_c , σ та ΔX вираховуються за формулами (А.1), (А.2) та (А.4).

Якщо обрано кількість вимірювань n менше 30, то ΔX вираховують за формулою (А.5).

Далі записується результат $X_c = \Delta X$.

Якщо X_c залежить від декількох вимірювальних величин, то спочатку вираховують відносну похибку кожної вимірювальних величин, а ΔX обчислюється за формулою

$$\Delta X = X_c \left(\frac{\Delta Y}{Y_c} + \dots + \frac{\Delta Z}{Z_c} \right) \quad (\text{А.6})$$

Література

1. Орнатский П. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. – К. : Вища шк., 1976. – 432 с.
2. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. – М. : ГИТТЛ, 1953. – С. 565 – 570.